

## **ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DEL COLOR DE LA PIEL Y DE LA PULPA DE AGUACATE CV. "HASS" Y SU APLICACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA MADUREZ POST-RECOLECCIÓN.**

\*P. C. Corrêa, \*J. L. de la Plaza, \*\*M. Ruiz-Altisent  
\*Instituto del Frío (CSIC), Madrid  
\*ETISIAgrónomos (UPM), Madrid

### **INTRODUCCIÓN**

Los frutos sufren tras la recolección diversos cambios fisicoquímicos que determinan su calidad intrínseca. Uno de los cambios más importantes y manifiestos que ocurren durante la maduración, para muchos frutos es el del color. El resultado más común de las modificaciones de color es la pérdida de la pigmentación verde como consecuencia de la degradación de la clorofila, que va asociada a la síntesis o al desenmascaramiento de otros pigmentos. Los cambios de color o desaparición del color verde de la piel constituye un buen indicativo no destructivo del grado de madurez para muchos frutos, incluyendo el aguacate "Hass".

Actualmente se viene realizando una extensa investigación dirigida a la detección no destructiva del grado de madurez de los frutos, desarrollando sistemas y experimentando sistemas y técnicas basadas en propiedades físicas de los productos. Sin embargo, para los frutos que presentan el cambio de color de piel durante la maduración, el análisis de estos cambios presenta diversas ventajas sobre otras técnicas, como la manipulación mínima de los frutos y la no necesidad de acoplamiento de sensores en la superficie del fruto. Además del potencial de utilización en procesos reales con alta productividad. Así varios investigadores han estudiado el color de los frutos con el fin de evaluar el grado de madurez de los mismos. Asi Rood (1957), citado por Delwiche (1987), concluye que los mejores índices de madurez para el melocotón son por el orden de importancia la firmeza de la pulpa, color de la piel, color de la pulpa y contenido de clorofila de la pulpa. Sims et al. (1963) concluyen que la firmeza de la pulpa y el color de

fondo pueden ser utilizados como índices de madurez para melocotones y sugiere la utilización del colorímetro "tristimulus" para el desarrollo de una carta colorimétrica para la evaluación de madurez. De la Plaza (1973), define los conceptos de " umbral de color de fondo" y de "umbral de firmeza" como límites superior e inferior, respectivamente, para la madurez de consumo de pera "Dr.Jules Guyot". Delwiche et al. (1983,1985,1987) estudian las correlaciones entre la firmeza de la pulpa y otros índices de madurez y el color de fondo proponiendo una carta de colores y madurez. Martínez-Javega y Otero (1989) concluyen que hay una correlación entre la firmeza de la pulpa y el índice cromático obtenido a partir de las coordenadas Hunter L,a,b para el aguacate cv. "HASS" con distintos tratamientos de conservación. Estudios semejantes para otros productos se han referido: Bittner y Noris (1986); Long et al. (1973); Kramer (1976); Robbins y Moore (1990); Pai y Sastry (1990).

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar los índices cromáticos obtenidos a partir de las coordenadas Hunter L, a, b para la piel y la pulpa de aguacate cv. " HASS ".

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Los Frutos:

Los frutos del cv."HASS" recolectados y transportados en el mismo día desde la plantación de Málaga hasta el laboratorio del Instituto del Frío, fueron acondicionados en cajas de plástico envueltas en bolsas selladas de polietileno de baja densidad de 0,025 mm de espesor y mantenidos a +20°C, por un periodo de 11 días. Los análisis se establecieron al inicio de los ensayos y a los 5, 7, 9 y 11 días desde la fecha inicial. Cada caja con diez frutos se constituyó en una unidad de muestreo.

### Técnicas Analíticas:

a) Color - La determinación objetiva de color se ha realizado mediante un colorímetro Hunter Lab D25A. Las coordenadas L, a y b se han obtenido para la piel, en tres puntos equidistantes en la zona equatorial del fruto, en muestra de cinco frutos extraídos del azar de cada lote, y para la pulpa, en la sección recién practicada a una distancia próxima a 2 cm del extremo peduncular para los frutos de cada lote. A partir de los valores de L, a y b fueron calculados diversos índices cromáticos por la transformación en coordenadas polares:  $I_1=(a^2+b^2)^{0.5}$ ;  $I_2=\arctg(b/a)$ ; en coordenadas esféricas:  $I_3=(a^2+b^2+L^2)^{0.5}$ ;  $I_4=\arctg((a^2+b^2)^{0.5}/L)$ ;  $I_5=\arctg(a/b)$  y otro  $I_6= a*b/L$

b) Firmeza - La firmeza de la pulpa se midió utilizando doble pletina (Dde la Plaza et al., 1975), acoplada a una máquina universal de ensayos (Instron 1140), expresando la resistencia a la penetración.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos para las coordenadas L, a y b, y la evaluación de la firmeza de la pulpa se recogen en la Tabla 1 para la piel y Tabla 2 para la pulpa.

### Evaluación de la firmeza:

Del análisis de los datos obtenidos se puede observar la pérdida de firmeza de la pulpa, signo evidente de la maduración, a partir del sexto día. Al final de la experiencia, los frutos llegan con valores próximos a 3N.

### Evolución del Color:

El análisis de los cambios del color de los frutos, tanto de la piel, como de la pulpa, se realiza a partir de los resultados para las coordenadas L, a y b, y los diversos índices cromáticos calculados. Durante los 6 primeros días es poco evidente la evolución del color de la piel y de la pulpa. El color de la pulpa de la región penduncular, presentó menor evolución, especialmente en cuanto al parámetro L, que prácticamente ha mantenido los valores iniciales.

De la totalidad de los índices cromáticos calculados y analizados para la piel fue seleccionado el índice  $I_5 = \arctg(a/b)$  que presenta estrecha correlación con la firmeza de la pulpa, índice de madurez de referencia para el presente estudio ( $r = -0.943$ ). Para la pulpa ha sido seleccionado  $I_1 = (a^2 + b^2)^{0.5}$  cuyo coeficiente de correlación con la firmeza es:  $r = 0.891$ . Estos resultados son mostrados en las Figuras 1 y 2 y. Por el análisis estadístico de Componentes Principales se aprecia claramente la posibilidad de utilización del conjunto de las coordenadas L, a y b para la piel para el estudio de la evolución de la madurez de los frutos debido a la clara separación de las fechas de ensayos que se obtuvieron (Figura 3). Este hecho avala la utilización de la evolución del color de la piel como índice no destructivo de madurez para el aguacate Hass.

El análisis de componentes principales para la pulpa no lleva en cuenta los valores para L, debido a su invariabilidad en el tiempo (Figura 4).

Días	F.Máx.(N)	"L"	"a"	"b"
0	76.45 (2.08) a	28.24 (0.70) a	-6.98 (0.33) a	9.79 (0.37) a
5	75.73 (2.20) a	27.09 (1.66) b	-6.15 (0.18) b	8.94 (0.47) b
7	67.75 (2.30) b	27.36 (0.71) b	-4.97 (0.39) c	7.50 (0.45) c
9	40.03 (4.65) c	25.33 (0.68) c	-2.24 (0.52) d	5.67 (0.85) d
11	3.14 (0.52) e	23.72 (0.60) d	-0.93 (0.31) e	4.44 (0.27) e

*Tabla 1: Fuerza máxima de penetración y coordenadas Hunter L,a,b para la piel.*

Días	"L"	"a"	"b"
0	75.25 (0.47) a	-9.75 (0.37) a	32.44 (0.33) a
5	73.20 (1.52) b	-9.52 (0.37) b	32.59 (0.38) a
7	73.17 (1.40) b	-9.74 (0.31) b	31.70 (0.42) b
9	73.25 (1.69) b	-9.22 (0.43) c	30.04 (0.68) c
11	73.12 (1.72) b	-7.76 (0.76) d	29.13 (1.42) d

**Tabla 2: Fuerza máxima de penetración y coordenadas Hunter L,a,b para la pulpa..**

# Sección técnica

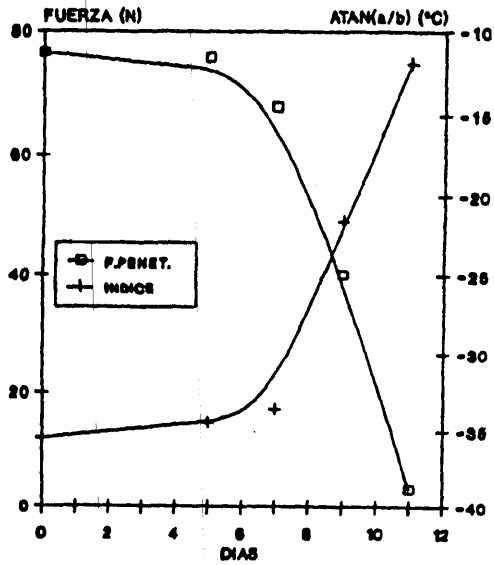


Fig.1: Color piel. Indice Atan (a/b)

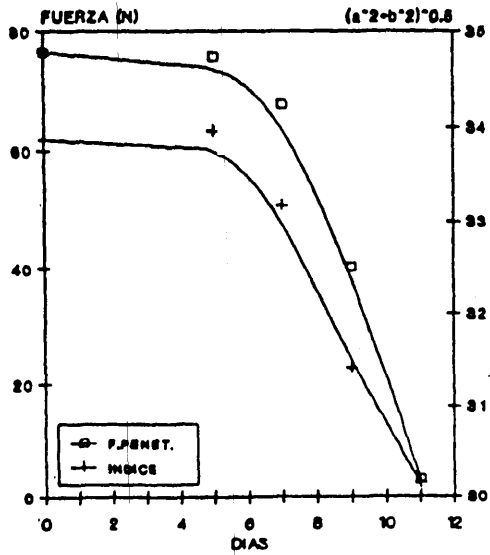


Fig.2 : Color pulpa. Indice  $(a^2+b^2)^{0.5}$

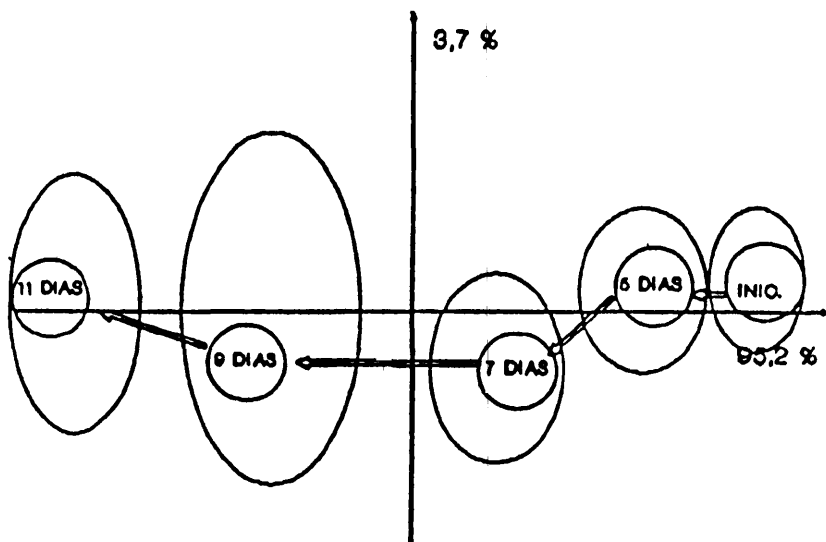


Fig 3.: Componentes principales color piel (L,a,b)

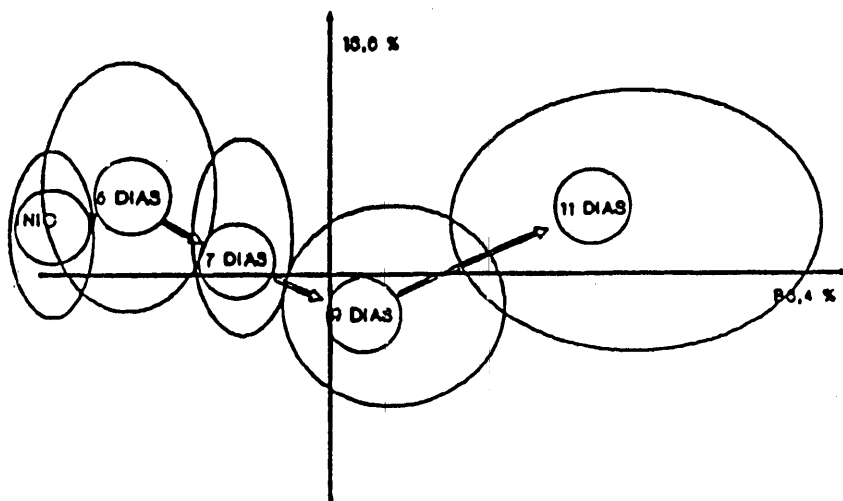


Fig 4.: Componentes principales color pulpa (L,a,b)

## CONCLUSIONES

Del presente estudio puede concluirse que la evolución del color, tanto de la piel como de la pulpa, pueden utilizarse como índice no destructivo y destructivo, respectivamente, para el aguacate cv. "Hass". De los índices cromáticos evaluados se posibilitó la selección del  $I = \text{Arctg}(a/b)$  para la piel y  $I = (a^2 + b^2)^{0.5}$  para la pulpa, índices que presentan mayor grado de correlación con la firmeza de la pulpa.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Bittner, D.R.; Norris, K.H. (1986). *Optical properties of select fruits vs. maturity*. TRANSACTIONS of the ASAE 11 (4): 534-536.
- [2] De la Plaza, J.L.; CALVO, M.L.; Iglesias, M.C.; Luechinger, R. (1975). *La lyophilisation des avocats en tranches*. Proc. XIVth. Int. Cong. of Refrigeration. Moscú (1975), 679-689.
- [3] De la Plaza, J.L. (1973). *Seuils d'indices de maturité pour le contrôle de la qualité marchande des poires "Dr Jules Guyot" entreposées en atmosphère contrôlée*. Bull. IIF-ILR, Jerusalém, (1973-3): 93-98.
- [4] Delwiche, M.J.; Baumgardner, R.A.; (1985). *Ground color as a peach maturity index*. Journal of American Soc Hort Sci. 110(1): 53-57.
- [5] Delwiche, J.M.; Tang, S.; Rumsey, J.W.; (1987). *Color and optical properties of clingstone peaches related to maturity* TRANSACTIONS of the ASAE. 30(6): 1873-1879.
- [6] Martínez-Javega, J.M.M.; Otero, M.M.; (1989). *Conservación frigorífica de aguacates*. Fruticultura Profesional. (24): 52-56.
- [7] Kramer, A. (1976). *Use of color measurement in quality control of foods*. Symposium color Measurement of Foods. Food Technology. 62-71.
- [8] Long, J.F.; Webb, B.K. (1973). *Correlations of reflectance ratios to maturity for whole peaches*. Transactions of the ASAE 16(5): 922-925.
- [9] Pai, T.K.; Sastry, S.K. (1990). *Effects of storage conditions on colour change of selected perishables*. Rev. Int. Frigid (13): 197-202.
- [10] Robbins, J.A.; Moore, P.P.; (1990). *Color change in fresh red raspberry fruit stored at 0, 4.5, or 20°C*. Hortscience 25(12): 1623-1624.
- [11] Sims, E.T.; Comin, D.; (1963). *Evaluation of objective maturity indices for Halehaven peaches*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82:125-130.